

OŽKŲ PIENO BALTŲMŲ GENŲ ĮVAIROVĖS POVEIKIS PIENINĖMS SAVYBĖMS

Lina Baltrėnaitė¹, Kristina Liucvaikienė¹, Natalja Makštutienė¹, Kristina Morkūnienė¹,
Loreta Šalomskienė¹, Ilona Miceikienė¹, Rolandas Stankevičius², Sigita Kerzienė³

¹*Biologinių sistemų ir genetinių tyrimų institutas, Veterinarijos akademija, LSMU*

²*Gyvūnų mitybos katedra, Veterinarijos akademija, LSMU*

³*Fizikos, matematikos ir biofizikos katedra, Medicinos akademija, LSMU*

Tilžės g. 18, Kaunas, LT-47181, tel. +370 37 363664; el. paštas: genetikalab@lva.lt

Santrauka. Šio darbo tikslas – ištirti alfa S1 kazeino, alfa S2 kazeino, kapa kazeino ir beta laktoglobulino genų polimorfinių vietų įtaką ožkų pieno kiekiui ir pieno sudėčiai. Tyrimai atlikti su 133 Lietuvos vietinės, Zaneno ir Čekijos baltųjų veislės ožkomis. DNR iš plaukų išskirta chelekso metodu. Alfa S1 kazeino geno polimorfizmas tirtas AS-PGR metodu, alfa S2 kazeino, kapa kazeino ir beta laktoglobulino genų – PGR-RFIP metodu. Ištyrus genetinių ir negenetinių veiksnių įtaką, nustatyta didžiausia statistiškai reikšminga alfa S2 kazeino geno įtaka visiems pieno rodikliams. Jis darė įtaką 6,7 proc. pieno kiekio įvairovei, 8,0 proc. – riebalų kiekio ir 9,5 proc. – baltymų kiekio įvairovei. Kapa kazeino genas veikė 4,2 proc. ($p < 0,01$) pieno kiekio įvairovės, o beta laktoglobulino genas – 4,8 proc. ($p < 0,05$) baltymų kiekio įvairovės.

Raktažodžiai: polimorfizmas, alfa S1 kazeino genas, alfa S2 kazeino genas, kapa kazeino genas, beta laktoglobulino genas, ožkos, pieno produkcija.

THE INFLUENCE OF GOAT MILK PROTEIN GENE POLYMORPHISM TO MILK TRAITS

Lina Baltrėnaitė¹, Kristina Liucvaikienė¹, Natalja Makštutienė¹, Kristina Morkūnienė¹,
Loreta Šalomskienė¹, Ilona Miceikienė¹, Rolandas Stankevičius², Sigita Kerzienė³

¹*Institute of Biology Systems and Genetics, Veterinary Academy, Lithuanian University of Health Sciences*

²*Animal Nutrition Department, Veterinary Academy, Lithuanian University of Health Sciences*

³*Department of Physics, Mathematics and Biophysics, Lithuanian University of Health Sciences*

Tilžės 18, Kaunas, LT-47181; Phone: +370 37 363 664; E-mail: genetikalab@lva.lt

Abstract. The aim of the present study was to investigate the influence of polymorphic sites of Alfa S1-casein, Alfa S2-casein, Kappa-casein and Beta-lactoglobulin genes on goat milk yield and milk composition. The investigation was performed in a group of 133 goats belonging to the Lithuanian native, Saanen and Czech White breeds. The DNA was extracted from the hair roots. Alfa S1-casein gene polymorphism was investigated by AS-PCR method, whereas polymorphism of Alfa S2-casein, Kappa-casein and Beta-lactoglobulin genes was investigated by PCR-RFLP method. The investigation of the influence of genetic and non-genetic factors on milk traits in goats showed a statistically significant influence of Alfa S2-casein on all milk traits. It influenced 6.7 % of milk yield diversity, 8 % of milk fat quantity and 9.5 % of protein quantity diversity. Kappa-casein influenced 4.2 % ($P < 0.01$) of milk yield diversity whereas Beta-lactoglobulin gene influenced 4.8 % ($P < 0.05$) of protein quantity diversity.

Keywords: polymorphism, Alfa S1-casein gene, Alfa S2-casein gene, Kapa-casein gene, Beta-lactoglobulin gene, goat, milk production.

Įvadas. Žinoma, kad gyvulių produktyvumo ir tokie ūkiniai požymiai kaip antai pieno kiekis, pieno sudėtis, pieno riebalų, baltymų kiekis, cheminė sudėtis, pieno tinkamumas perdirbti bei atskiriems pieno produktams gaminti, pieno atleidimo greitis melžimo metu ir kiti, yra paveldimi iš kartos į kartą, o jų formavimasi bei funkcinės savybės lemia genai.

Atrasti pieno baltymų genetiniai variantai inicijavo pieno baltymų polimorfizmo tyrimus su daugeliu rūšių gyvuliais – galvijais, avimis ir ožkomis. Tyrimų pradžioje visas dėmesys buvo sutelktas į galvijų pieno baltymus ir orientuotas nustatyti ryšį tarp pieno baltymų variantų, pieno produktyvumo ir technologinių savybių. Karvių kapa kazeino A ir B variantų įtakos pieno produkcijai tyrimai parodė, kad kapa kazeino BB genotipo karvių piene yra daugiau riebalų, baltymų ir kazeinų, negu kapa kazeino AA genotipo karvių piene (Ng-Kwai Hang, 1998; Di Stasio and Mariani, 2000). B alelis yra patikimai susijęs su didesniu kazeino ir mažesniu išrūgų baltymo

kiekiu, taigi – didesniu kazeinų ir bendrų jų baltymų santykiu. Karvių kapa kazeino BB genotipas taip pat susijęs su produkcija pieno, pasižyminčio geresnėmis pramoninėmis savybėmis – trumpesniu koaguliacijos laiku veikiant šliužo fermentui, tvirtesnės konsistencijos varškės susidarymu ir didesne sūrio išėiga (Schaar, 1984; Marziali and Ng-Kwai Hang, 1986). Šis reiškinys susijęs su pieno kazeino micelėmis. Kapa kazeino B micelių masė yra homogeniškesnė, joje yra didesnė mažųjų micelių dalis (Morini et al., 1975), dėl to bendras micelių paviršiaus plotas yra didesnis, o tai lemia tvirtesnės ir geresnės konsistencijos varškės susidarymą.

Pagrindinis dėmesys atliekant ožkų pieno baltymų tyrimus, buvo sukongcentruotas į alfa S1 kazeiną. Alfa S1 kazeine nustatyti „stiprūs“ (A, B, C), „vidutiniai“ (E), „žemi“ (F, D) ir „nuliniai“ (O) aleliai, susiję su dideliu (3,6 g/L), vidutiniu (1,6 g/L), mažu (0,6 g/L) arba visiškai (0,0g/l) alfa S1-kazeino piene nebuvimu (Feligini et al., 2005). Šiandien atlikta gana daug alfa S1 kazeino

polimorfizmo ryšio su ožkų pieno produktyvumo, fizikinėmis-cheminėmis bei technologinėmis savybėmis tyrimų. Daug mažiau dėmesio buvo skirta ožkų alfa S2 kazeino ir kapa kazeino tyrimams, veikiausiai dėl nustatyto mažesnio jų polimorfizmo (Jordana et al., 1996; Ramunno et al., 1991; Feligini et al., 2002; Veress et al., 2004). Ožkų kapa kazeino polimorfizmas įrodytas taikant baltymų elektroforezę (Di Luccia et al., 1990), chromatografiją (Law and Tziboula, 1993) bei kapiliarinę elektroforezę (Recio et al., 1997). Pastaruoju metu kapa kazeino variantai nustatyti įvairių veislių ožkose (Yahyaoui et al., 2001; Caroli et al., 2001; Angiolillo et al., 2002).

Šio darbo tikslas – ištirti alfa S1 kazeino, alfa S2 kazeino, kapa kazeino ir beta laktoglobulino genų polimorfinių vietų įtaką ožkų pieno kiekiui ir pieno sudėčiai.

Medžiagos ir metodai. Pieno baltymų genų įvairovei ištirti paimti 133 mėginiai iš Lietuvos vietinių, Zaneno, Čekijos baltųjų veislių ožkų. Genų įtakai pieno kiekiui ir pieno sudėčiai tirti panaudoti produktyvumo duomenys, gauti iš VĮ Žemės ūkio informacijos ir kaimo verslo centro.

DNR iš plaukų svogūnėlių išskirta greitu metodu su cheleksu. Plaukai (10–15 vnt.) pešti su svogūnėliais ir dėti į vienkartinius plastikinius maišelius. PGR reakcija vykdyta amplifikatoriuje (AppliedBiosystem; GeneAmp PCR System 2700). Alfa S1 kazeino geno (lokusas CNS1S1) tyrimas atliktas AS PGR (aleliams specifinės polimerazės grandinės reakcijos) metodu (Feligini et al., 2005). Buvo panaudoti šie pradmenys (GenBank accession number X72221): tiesioginis 5'-CAA-CCT-CAA-ATT-GAA-GGC-ACT-3'; tiesioginis 5'-CAA-CCT-CAA-ATT-GAA-GGC-ACT-3'; atvirkštinis 5'-CAA-GCT-CTT-AGG-ACA-ATT-TCA-CTT-3'. Alfa S2 kazeino geno (lokusas CNS1S2) tyrimas atliktas PGR-RFIP (polimerazės grandinės reakcijos – restrikcinių fragmentų ilgio polimorfizmo) metodu (Cosenza et al., 1998). Panaudoti šie pradmenys (GenBank accession number X65160): tiesioginis 5'-GCC-ATT-CAT-CCC-AGA-AAG-3'; atvirkštinis 5'-CTC-TTC-ATT-TGC-GTT-CCT-TA-3'. Amplifikuotas PGR produktas (500 bp dydžio) buvo karpomas naudojant 10 v. v. *MseI* (MBI Fermentas, Lietuva) restrikcinio fermento 37°C temperatūroje 5 val. Kapa kazeino geno (lokusas CNS3) tyrimas atliktas PGR-RFIP metodu pagal Yahyaoui ir kitų mokslininkų rekomendacijas (2001). Panaudoti šie pradmenys (GenBank accession number AF485339; AF485340, AY090465): tiesioginis 5'-TGT-GCT-GAG-TAG-GTA-TCC-TAG-TTA-TGG-3'; atvirkštinis 3'-GAT-TCC-TCT-GTA-GTT-TCT-CCT-GTT-GCG-5'.

Amplifikuotas PGR produktas (459 bp dydžio) buvo karpomas naudojant 10 v. v. *Aha44I* (MBI Fermentas, Lietuva) restrikcinio fermento 37°C temperatūroje per naktį ir fermentu *BseN I* 10 v. v. (MBI Fermentas, Lietuva) 65°C temperatūroje 6 val. Beta laktoglobulino geno (lokusas BLG) tyrimas atliktas PGR-RFIP metodu pagal Folch ir kitų tyrėjų rekomendacijas (1994). Panaudoti šie pradmenys (GenBank accession number X65160): tiesioginis 5'-GTC-ACT-TTC-CCG-TCC-TGG-GG-3; atvirkštinis 5'-GGC-CTT-TCA-TGG-TCT-GGG-

TGA-CG-3'. Amplifikuotas PGR produktas (710 bp dydžio) buvo karpomas 10 v. v. *SmaI* (MBI Fermentas, Lietuva) restrikciniu fermentu 37°C temperatūroje per naktį. Karpyti PGR produktai elektroforezės būdu 35 min. frakcionuoti 2 proc. agarozės gelyje, esant 100 V. Gelis dažytas etidžio bromidu 15–20 min. ir analizuotas UV šviesoje (bangos ilgis 300 nm) „Herolab“ vaizdo dokumentavimo sistema.

Statistinė duomenų analizė. Lietuvos pieninių ožkų populiacijoje, vertinant alfa S1 kazeino, alfa S2 kazeino, kapa kazeino ir beta laktoglobulino genų įtaką pieno kiekiui ir pieno sudėtinėms dalims, atlikta vienfaktorinė ir daugiafaktorinė dispersinė analizė (ANOVA). Vienfaktorinės analizės būdu įvertinta atskirų genų bei kazeinų lokuso įtaka pieno kiekiui ir pieno sudėtinėms dalims. Daugiafaktorinės analizės būdu pagal tiesinį mišrų modelį apskaičiuota atskirų genų, veislės, ūkio, laktacijos įtaka pieno kiekiui ir pieno sudėtinėms dalims – riebalų proc., riebalų kiekiui kg, baltymų proc., baltymų kiekiui kg.

Pieno kiekis $ijklmnop$ (riebalai, proc. $ijklmnop$; riebalai, kg $ijklmnop$; baltymai, proc. $ijklmnop$; baltymai, kg $ijklmnop$) = μ + alfa S1 kazeinas_i + alfa S2 kazeinas_j + kapa kazeinas_k + beta laktoglobulinas_l + veislė_m + ūkis_n + laktacija_o + e $ijklmnop$

Skaičiavimai atlikti R statistiniu paketu (<http://cran.r-project.org/bin/windows/base/>).

Tyrimų rezultatai. Daugiafaktorinės analizės būdu pagal tiesinį mišrų modelį buvo įvertinta alfa S1 kazeino geno, alfa S2 kazeino geno, kapa kazeino geno, beta laktoglobulino geno, veislės, ūkio ir laktacijos įtaka ožkų pieno produktyvumo rodikliams – pieno kiekiui kg, riebalų proc., riebalų kg, baltymų proc. ir baltymų kg. Didžiausią statistiškai reikšmingą įtaką visiems tirtiems pieno produktyvumo rodikliams turėjo alfa S2 kazeino genas. Jis veikė 6,7 proc. pieno, 8 proc. riebalų ir 9,5 proc. baltymų kiekio pokyčių. Kapa kazeino genas darė įtaką 4,2 proc. ($p < 0,01$) pieno kiekio įvairovės, o beta laktoglobulino genas – 4,8 proc. ($p < 0,05$) baltymų kiekio įvairovės. Iš keturių tirtų genų mažiausią poveikį pieno produkcijos rodikliams darė kapa kazeino genas – apie 1,3 proc. pieno produkcijos įvairovės. Didžiausią įtaką pieno kiekio įvairavimui turėjo veislė ($p < 0,001$). Ji paaiškina net 26,6 proc. pieno kiekio įvairavimo. Didelę dalį pieno produkcijos požymių pokyčių paaiškina negenetiniai veiksniai, pavyzdžiui, ūkis. Statistiškai patikima ūkio įtaka kito nuo 12,2 proc. ($p < 0,001$) pieno kiekiui iki 1,2 proc. ($p < 0,05$) pieno baltymų proc. Laktacijos įtaka kito nuo 1 proc. pieno riebumui iki 8,1 proc. ($p < 0,01$) pieno baltymų kiekiui (1 lentelė).

Pieno produktyvumo rodikliai išanalizuoti pagal keturių pieno baltymų sistemos (alfa S1 kazeino, alfa S2 kazeino, kapa kazeino ir beta laktoglobulino) genotipus.

Lyginant EE genotipą su BE genotipą turinčiomis ožkomis nustatyta, kad EE genotipą turinčios ožkos davė 138,55 kg ($p < 0,05$) daugiau pieno, 7,89 kg daugiau riebalų ir 2,99 kg daugiau baltymų (2 lentelė).

Tačiau BE genotipo ožkos turėjo daugiau riebalų (0,34proc.; $p < 0,01$) ir baltymų (0,11 proc.). Lyginant nustatyta, kad EE genotipo ožkos davė 6,62 kg ($p < 0,05$) riebalų daugiau nei BB genotipo ožkos (2 lentelė).

1 lentelė. Genetinių ir negenetinių veiksnių įtaka ožkų pieno produktyvumo rodikliams

Genetiniai ir negenetiniai veiksniai	Klasių skaičius	Pienas, kg	Riebalai, proc.	Riebalai, kg	Baltymai, proc.	Baltymai, kg
Alfa S1 kazeinas	3	3,8**	1,9**	6,2**	0,3	2,9
Alfa S2 kazeinas	3	6,7***	2,7**	8,0**	1,1*	9,5**
Kapa kazeinas	3	4,2**	0,1	0,5	0,1	1,7
Beta laktoglobulinas	3	2,3	0,8	1,8	0,6	4,8*
Veislė	3	36,6***	0,8*	1,3	0,5	6,5**
Ūkis	5	12,2***	0,6	3,0	1,2*	7,3*
Laktacija	9	8,1**	1,0	2,8	1,1	5,9
Regresija su pieno kiekiu	regresija	-	69,2***	-	80,6***	-

p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

2 lentelė. Alfa S1 kazeino genotipų skirtumai pagal pieno kiekį ir sudėtį

Alfa S1 kazeino genotipų skirtumai pagal pieno kiekį, kg		
Genotipas	BB	BE
BE	42,24	
EE	-96,31	-138,55*
Alfa S1 kazeino genotipų skirtumai pagal riebalų kiekį, kg		
Genotipas	BB	BE
BE	-1,73	
EE	-6,62*	-4,89
Alfa S1 kazeino genotipų skirtumai pagal pieno riebumą, proc.		
Genotipas	BB	BE
BE	-0,34**	
EE	-0,24	0,10
Alfa S1 kazeino genotipų skirtumai pagal baltymų kiekį, kg		
Genotipas	BB	BE
BE	0,23	
EE	-2,76	-2,99
Alfa S1 kazeino genotipų skirtumai pagal pieno baltymingumą, proc.		
Genotipas	BB	BE
BE	-0,11	
EE	0,03	0,14

* p<0,05; **p<0,01; *** p<0,001

Statistiškai reikšmingi skirtumai buvo nustatyti tarp pieno baltymo alfa S2 kazeino lokuso AA ir AB genotipų. Patvirtinta, kad AA genotipo ožkos davė vidutiniškai 141,1 kg (p<0,01) pieno daugiau, bet 0,15 proc. (p<0,05) mažiau baltymingo. Tuo tarpu AB genotipo ožkos, nors pieno davė 140,9 kg (p<0,01) mažiau, jis buvo 0,44 proc. (p<0,01) riebesnis ir 0,25 proc. (p<0,001) baltymingesnis už BB genotipo ožkų. AA genotipo ožkų pienas taip pat buvo 0,32 proc. (p<0,05) riebesnis nei BB ožkų (3 lentelė).

Įvertinus skirtumus tarp kapa kazeino genotipų, nustatyta, kad AB/AB genotipo ožkos buvo 105,34 kg (p<0,05) pieningesnės už AB/C genotipo ir 143,89 kg už

C/C genotipo. Nustatyta, kad kapa kazeino AB/C genotipo ožkų pienas buvo 0,21 proc. riebesnis ir 0,08 proc. baltymingesnis (4 lentelė).

Įvertinus skirtumus tarp beta laktoglobulino genotipų pagal pieno kiekį ir sudėtį nustatyta, kad TT genotipo ožkos buvo 108,29 kg pieningesnės nei CC genotipo ir 67,21 kg nei CT genotipo. Tačiau CC genotipo ožkų pienas buvo 0,26 proc. riebesnis ir 0,16 proc. baltymingesnis nei TT genotipo ir 0,12 proc. (p<0,05) nei CT genotipo ožkų (5 lentelė).

Aptarimas ir išvados. Mūsų tyrimais, pieno baltymui alfa S1 kazeinui Lietuvos veislių ožkose nustatyti B ir E aleliai, alfa S2 kazeinui – A ir B aleliai, kapa kazeinui – A, B ir C aleliai, o beta laktoglobulinui – C ir T aleliai. Alfa S1 kazeino B „stiprus“ alelis sąlygoja didesnę alfa S1 kazeino kiekį ožkų piene. Ožkų selekcijoje pageidaujami „stiprus“ aleliai, nes iš tokio pieno gaminant sūrius gaunama didelė išėiga. Svarbūs yra ir „žemo“ efekto, arba 0, aleliai, kurie nėra naudingi pieno perdirbimo pramonei, bet pageidaujami ožkų pieno vartotojų, mat toks pienas tinka alergiškiems žmonėms. Suskirsčius Lietuvos tirtas ožkas pagal pieno baltymo alfa S1 kazeino genotipus nustatyta, kad EE genotipo ožkos davė daugiau pieno (1069,5±38,38 kg), o BE genotipo ožkų pienas buvo riebiausias ir baltymingiausias. Analizuojant pieno baltymo alfa S2 kazeino geno variantų paplitimą, mūsų atliktų tyrimų rezultatai parodė, kad Lietuvos veislių ožkos turi tokius pat dažniausiai sutinkamus pieno baltymo alfa S2 kazeino alelius, kaip ir kitos Europos veislių ožkos – A ir B. Neseniai atrastas E alelis, ištyrus penkias italų ožkų veisles, buvo rastas tik dviejose (Lagonigro et al., 2001) ir manoma, kad jis galėtų būti panaudotas kaip veislės žymuo, nustatant, iš kokios ožkų veislės pieno pagaminti pieno gaminiai. Šį alelį tikslinga ateiityje iširti ir Lietuvoje veisiamų veislių ožkose. Suskirsčius Lietuvoje tirtas ožkas pagal pieno baltymo alfa S2 kazeino genotipus nustatyta, kad AA ir BB genotipo ožkos buvo vienodai pieningos (1012,8±31,7 kg ir 1012,5±37,6). AB genotipo ožkų pienas buvo riebesnis (4,13±0,113 proc.) ir baltymingesnis (3,10±0,051 proc.).

Kapa kazeino genas tirtas Italijos, Ispanijos, Vokietijos, Prancūzijos, Vengrijos veislių ožkose (Caroli et al., 2001; Sacchi et al., 2005; Yahyaoui et al., 2001; Feligni et al., 2002; Veress et al., 2004). Mūsų tyrimų rezultatai koreliuoja su kitų mokslininkų duomenimis.

Suskirsčius Lietuvos tirtas ožkas pagal pieno baltymo kapa kazeino genotipą nustatyta, kad pieningiausias buvo AB/AB genotipo ožkos ($1003,8 \pm 22,6$ kg), tačiau pienas riebiausias ($4,00 \pm 0,111$ proc.) ir baltymingiausias ($3,04 \pm 0,073$ proc.) buvo AB/C genotipo ožkų.

Beta laktoglobulinas buvo pirmasis pieno baltymas, kurio polimorfizmą pavyko įrodyti elektroforezės būdu. Buvo nustatyta nemažai genotipų variantų, tačiau pastebėta, jog tik dažniausiai pasitaikantys aleliai, A ir B,

yra ženkliai susiję su pieno primilžio ir struktūros skirtumais. Vakarų Europos pieninių veislių ožkose yra paplitę beta laktoglobulino C ir T aleliai. Suskirsčius Lietuvos ožkas pagal išrūgų baltymo beta laktoglobulino genotipus nustatyta, kad CC genotipo ožkų pienas buvo riebiausias ($4,00 \pm 0,061$ proc.) ir baltymingiausias ($3,00 \pm 0,034$ proc.), o produktyviausias ($1063,4 \text{ kg} \pm 64,1$) buvo TT genotipo ožkos.

3 lentelė. Alfa S2 kazeino genotipų skirtumai pagal pieno kiekį ir pieno sudėtinės dalis

Alfa S2 kazeino genotipų skirtumai pagal pieno kiekį, kg		
Genotipas	AA	AB
AB	141,1**	
BB	0,288	-140,9**
Alfa S2 kazeino genotipų skirtumai pagal riebalų kiekį, kg		
Genotipas	AA	AB
AB	4,22	
BB	3,27	-0,95
Alfa S2 kazeino genotipų skirtumai pagal pieno riebumą, proc.		
Genotipas	AA	AB
AB	-0,12	
BB	0,32**	0,44**
Alfa S2 kazeino genotipų skirtumai pagal baltymų kiekį, kg		
Genotipas	AA	AB
AB	2,70	
BB	0,97	-1,73
Alfa S2 kazeino genotipų skirtumai pagal pieno baltymingumą, proc.		
Genotipas	AA	AB
AB	-0,15*	
BB	0,11	0,25***

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

4 lentelė. Kapa kazeino genotipų skirtumai pagal pieno kiekį ir pieno sudėtinės dalis

Kapa kazeino genotipų skirtumai pagal pieno kiekį, kg		
Genotipas	AB/AB	AB/C
AB/C	105,34*	
C/C	143,89	38,55
Kapa kazeino genotipų skirtumai pagal riebalų kiekį, kg		
Genotipas	AB/AB	AB/C
AB/C	3,74	
C/C	6,86	3,12
Kapa kazeino genotipų skirtumai pagal pieno riebumą, proc.		
Genotipas	AB/AB	AB/C
AB/C	-0,07	
C/C	0,14	0,21
Kapa kazeino genotipų skirtumai pagal baltymų kiekį, kg		
Genotipas	AB/AB	AB/C
AB/C	2,30	
C/C	4,28	1,98
Kapa kazeino genotipų skirtumai pagal pieno baltymingumą, proc.		
Genotipas	AB/AB	AB/C
AB/C	-0,11	
C/C	-0,02	0,08

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

5 lentelė. Beta laktoglobulino genotipų skirtumai pagal pieno kiekį ir pieno sudėtinės dalis

Beta laktoglobulino genotipų skirtumai pagal pieno kiekį, kg		
Genotipas	CC	CT
CT	-41,08	
TT	-108,29	-67,21
Beta laktoglobulino genotipų skirtumai pagal riebalų kiekį, kg		
Genotipas	CC	CT
CT	-0,91	
TT	-1,14	-0,23
Beta laktoglobulino genotipų skirtumai pagal pieno riebumą, proc.		
Genotipas	CC	CT
CT	0,10	
TT	0,26	0,16
Beta laktoglobulino genotipų skirtumai pagal baltymų kiekį, kg		
Genotipas	CC	CT
CT	-0,05	
TT	-1,59	-1,54
Beta laktoglobulino genotipų skirtumai pagal pieno baltymingumą, proc.		
Genotipas	CC	CT
CT	0,12*	
TT	0,16	0,03

* $p < 0,01$; $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Ištyrus genetinių ir negenetinių veiksnių įtaką pieno produktyvumo rodikliams Lietuvoje veisiamų ožkų veislėse, tiek pagal vienfaktorinę, tiek pagal daugiafaktorinę analizę nustatyta didžiausia statistiškai reikšminga alfa S2 kazeino geno įtaka visiems pieno rodikliams. Jis veikė 6,7 proc. pieno kiekio įvairovės, 8 proc. riebalų kiekio ir 9,5 proc. baltymų kiekio įvairovės. Mūsų tyrimų duomenimis, alfa S1 kazeinas statistiškai reikšmingai veikė pieno ir riebalų kiekį. Šie duomenys sutampa su literatūroje pateiktais (Remeuf, 1993). Mokslininkų tyrimų rezultatai patvirtino alfa S1 kazeino genotipų įtaką kazeino kiekiui piene; sūrio išėiga iš AA genotipo ožkų pieno buvo 7 proc. didesnė už EE genotipo ir 15 proc. už FF genotipo (Vassal et al., 1993). Lietuvos veislių ožkose kapa kazeino genas veikė 4,2 proc. ($p < 0,01$) pieno kiekio įvairovės, o beta laktoglobulino genas – 4,8 proc. ($p < 0,05$) baltymų kiekio įvairovės.

Ožkų veisimo programose dėmesys buvo kreipiamas tik į alfa S1 kazeino variantus dėl jau žinomos jų įtakos pieno sudėtinėms dalims ir pieno technologinėms savybėms. Ateityje tikslinga būtų įvertinti viso kazeinų lokuso, papildomai genotipuojant beta kazeiną, poveikį Lietuvos veislių ožkų pieno rodikliams, ypatingą dėmesį kreipiant į alfa S2 kazeiną, nes jis labiausiai veikė pieno rodiklius. Taip pat rekomenduojama ištirti kuo daugiau pieno baltymų genų polimorfinių vietų, įvertinant jų poveikį pieno sudėtinėms dalims bei technologinėms savybėms, nes nuolat atrandami vis nauji aleliai.

Didelis genetinis kintamumas nustatytas kazeino lokusuose, ir ryšys su pieno savybėmis sudaro sąlygas išvesti tokias ožkų veisles, kurių pienas labiausiai atitiktų įvairias perdirbimo technologijas ar specialius žmonių poreikius (Rando et al., 2000). Pavyzdžiui, ožkų, turinčių alfa S1 kazeino, alfa S2 kazeino ar beta kazeino geno

nulinius alelius, pienas labiau tinkamas alergiškiems žmonėms vartoti (Martin et al., 1999; Chanut et al., 1999). Be to, alergizuojančios pieno savybės priklauso nuo įeinančių į pieno sudėtį skirtingų baltymų santykio (Bevilacqua et al., 2001). Ožkų rūši galima priskirti santykinai sumažintam dirbtinės selekcijos lygiui palyginti su galvijų ir avių rūšimis. Tas sąlygojo didelį genetinį kintamumą ožkų kazeino genuose. Kai kurios veislės ar populiacijos gali turėti unikalių alelių ar alelių kombinacijų, kurių neturi kitos veislės ir kurios gali būti naudingos kaip genetinės įvairovės šaltinis komercinėms naminėms rūšims. Tai pabrėžia tokios didelės genetinės įvairovės išsaugojimo šiose populiacijose svarbą įgyvendinant genetinių išteklių išsaugojimo programas.

Literatūra

1. Angiolillo A., Yahyaoui M.H., Sanchez A., Pilla F. and Folch J.M. Characterization of a new genetic variant in the caprine κ -casein gene. *Journal of Dairy Science*. 2002. 85. P. 2679–2680.
2. Bevilacqua C, Martin P., Candalh C, Fauquant J., Piot M., Roucayrol A.M., Pitta F. and Heyman M. Goats' milk of defective alpha(s1)-casein genotype decreases intestinal and systemic sensitization to beta-lactoglobulin in guinea pigs. *Journal of Dairy Research*. 2001. 68. P. 217–227.
3. Caroli A., Jann O., Budelli E., Bolla P., Jager S. and Erhardt G. Genetic polymorphism of goat κ -casein (CSN3) in different breeds and characterization at DNA level. *Animal Genetics*. 2001. 32. P. 226–230.
4. Chanut E., Martin P. and Ollivier-Bousquet M. Alpha(s1)-casein is required for the efficient

- transport of beta- and kappa-casein from the endoplasmic reticulum to the Golgi apparatus of mammary epithelial cells. *Journal of Cell Science*. 1999. 112. P. 3399–3412.
5. Cosenza G., Rando A., Longobardi E., Masina P., Ramunno L. A MseI RFLP at the α_{s2} -casein gene. *Animal Genetics*. 1998. 29. P. 150–160.
6. Di Luccia A., Mauriello R., Chianese L., Moio L. and Addeo F. Kappa casein polymorphism in caprine milk. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*. 1990. 41. P. 305–314.
7. Di Stasio L. and Mariani P. The role of protein polymorphism in the genetic improvement of milk production. *Zootecnica Nutrizione Animali*. 2000. 26. P. 69–90.
8. Feligini M., Cubric Curic V., Parma P., Curic I., Greppi G.F., Enne G. Polymorphism of κ -casein in Italian goat breeds: A new ACRS-PCR designed DNA test for discrimination of A and B alleles. *Food Technol. Biotechnol.* 2002. 40. P. 293–298.
9. Feligini M., Frati S., Cubric Curic V., Brambilla A., Parma P., Curic I., Greppi G.F., Enne G. Caprine α_{s1} -casein Polymorphism: Characterisation of A, B, E and F Variants by Means of Various Biochemical and Molecular Techniques. *Food Technol. Biotechnol.* 2005. 43 (2). P. 123–132.
10. Folch J.M., Coll A. and Sanchez A. Complete sequence of the caprine beta-lactoglobulin gene. *Journal of Dairy Science*. 1994. 77. P. 3493–3497.
11. Grosclaude F. Le polymorphisme genetique des principales lactoproteines bovines. Relation avec la quantite, la composition, et les aptitudes fromageres du lait. *INRA Productions Animales*. 1988. 1. P. 5–17.
12. Jordana J., Amillis M., Diaz E., Angulo C., Serradilla J.M. and Sanchez A. Gene frequencies of caprine α_{s1} -casein polymorphism in Spanish goat breeds. *Small Ruminant Res.* 1996. 20. P. 215–221.
13. Lagonigro R., Pietrola E., DiAndrea M., Veltri C. and Pilla F. Molecular genetic characterization of the goat α_{s2} -casein E allele. *International Society for Animal Genetics. Animal Genetics*. 2001. 32. P. 390–393.
14. Law A.J.R. and Tziboula A. Fractionation of caprine kappa casein and examination of polymorphism by FPLC. *Milchwissenschaft*. 1993. Vol. 48. P. 68–71.
15. Martin P., Ollivier-Bousquet M. and Grosclaude F. Genetic polymorphism of caseins: a tool to investigate casein micelle organization. *International Dairy Journal*. 1999. 9. P. 163–171.
16. Marziali A.S. and Ng-Kwai Hang K.F. Effect of milk composition and genetic polymorphism on cheese composition. *Journal of Dairy Science*. 1986. 69. P. 1793–1799.
17. Morini D., Losi G., Catagnetti G.B., Benevelli M., Resmini P. and Volonterio G. L'influenza delle varianti genetiche della κ -caseina sulla dimensione delle micelle caseiniche. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia*. 1975. 26. P. 437–444.
18. Ng-Kwai Hang K.F. Genetic polymorphism of milk proteins: relationships with production traits, milk composition and technological properties. *Canadian Journal of Animal Science*. 1998. 78 (supplement). P. 131–147.
19. Ramunno L., Rando A., DiGregorio P., Massari M., Blassi M. and Masina P. Struttura genetica di alcune popolazioni caprine allevate in Italian a locus della caseina α_{s1} . *Proc. IX. Congress NazASPA, Milan*. 1991. P. 579.
20. Rando A., Ramunno L. and Masina P. Mutations in casein genes. *Zootecnica e Nutrizione Animale*. 2000. 26. P. 49–62.
21. Recio I., Perz-Rodriguez M.L., Amigo L. and Ramos M. Study of the polymorphism of caprine milk casein by capillary electrophoresis. *Journal of Dairy Research*. 1997. 64. P. 515–523.
22. Remeuf I. Influence of genetic polymorphism of caprine α_{s1} -casein on physicochemical and technological properties of goat milk. *Lait*. 1993. 73. P. 549–557.
23. Sacchi P., Chessa S., Budelli E., Bolla P., Ceriotti G., Soglia D., Rasero R., Cauvin and Caroli A. Casein haplotype structure in five Italian goat breeds. *J. Dairy Sci.* 2005. 71. P. 188–195.
24. Schaar J. Effects of kappa casein genetic variants and lactation number on the renneting properties of individual milks. *Journal of Dairy Research*. 1984. 51. P. 397–403.
25. Vassal I., Delacroix - Buchet A. and Bouillon J. Influence des genotypes AA, EE et FF de la caseine α_{s1} caprine sur le rendement fromager et les caracteristiques sensorielles des fromages traditionnels. *Premieres observations. Lait*. 1993. 74. P. 89–103.
26. Veress Gy., Kusza Sz., Bosze Zs., Kukovics S. and Javor A. Polymorphism of the α_{s1} casein, κ -casein and β -lactoglobulin genes in the Hungarian Milk Goat. *South African Journal of Animal Science*. 2004. 34. P. 20–23.
27. Yahyaoui M.H., Coll A., Sanchez A. and Folch J.M. Genetic polymorphism of the caprine kappa casein gene. *Journal of Dairy Research*. 2001. 68. P. 209–216.
28. [žiūrėta 2012 m.03 mėn. 11d.] – Internetė: <http://cran.r-project.org/bin/windows/base/>.
Gauta 2012 02 22
Priimta publikuoti 2013 03 20